

PATENT ABSTRACTS OF JAPAN of Reference (4)

(11) Publication number :

2001-027746

(43) Date of publication of application :

30.01.2001

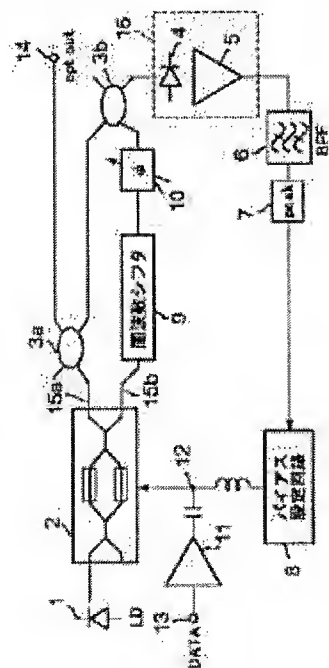
(51) Int.Cl.

G02F 1/035

(21)Application number : 11-200209 (71)Applicant : MITSUBISHI
ELECTRIC CORP

(22)Date of filing : 14.07.1999 (72)Inventor : KANESHIRO
KAORU
SHIMIZU
KATSUHIRO

(54) OPTICAL TRANSMITTER AND OPTO-ELECTRIC CIRCUIT



(57) Abstract:

PROBLEM TO BE SOLVED: To make it possible to automatically execute control in such a manner that an optical extinction ratio may be obtained with simple constitution and to make it possible to obtain always constant output light by providing the above device with a peak detector, bias setting means for setting bias voltage in accordance with the output signal from the peak detector, etc.

SOLUTION: The light signal outputted from a second output terminal 15b of

an external optical modulator 2 is shifted in light frequency by a frequency shifter 9 and is delayed in an optical delay device 10, following which this signal is multiplexed with the light signal from a first demultiplexer/multiplexer 3a and is converted to an electric signal from the light signal in a PD 4

to generate a beat signal. This beat signal is amplified in a preamplifier 5 and is then selectively transmitted through a BPF 6 and is peak detected by the peak detector 7. The output signal from the peak detector 7 is sent to a bias setting circuit 8. The intensity of this output signal is always detected and the bias voltage to be impressed to the external optical modulator 2 is so set that the output intensity is set always at the minimum value.

【特許請求の範囲】

【請求項1】 変調器駆動信号とバイアス電圧と光源からの光信号を入力し、第1の出力子および第2の出力子から光信号を出力する外部光変調器と、前記第1の出力子から出力された光信号を分波する第1の合分波器と、前記第2の出力子から出力された光信号の周波数をシフトする周波数シフタと、前記周波数シフタから出力された光信号を遅延する遅延器と、前記第1の合分波器で分波された光信号の一方と、前記遅延器から出力された光信号とを合波する第2の合分波器と、前記第2の合分波器から出力される光信号を電気信号に変換する光／電気変換手段と、前記光／電気変換手段から出力される電気信号を選択的に透過させるバンドパスフィルタと、前記バンドパスフィルタからの出力からピークを検波するピーク検波器と、前記ピーク検波器からの出力信号に基づいて前記バイアス電圧を設定するバイアス設定手段とを有することを特徴とする光送信装置。

【請求項2】 バイアス設定手段は、ピーク検波器からの出力信号の強度を監視し、この強度を最小にするようにバイアス電圧を調整することを特徴とする請求項1に記載の光送信装置。

【請求項3】 バイアス設定手段は、一定のバイアス電圧を発生させるバイアス発生回路と、ディザ信号発生器と、前記ディザ信号発生器からのディザ信号とピーク検波器からの出力信号との位相を比較して位相差に応じた誤差信号を出力する同期検波回路と、前記ディザ信号発生器からのディザ信号、前記同期検波回路から出力される誤差信号、およびバイアス電圧発生回路からのバイアス電圧を加算する加算器とを有し、外部光変調器に入力される前記バイアス電圧は前記加算器からの出力であることを特徴とする請求項1に記載の光送信装置。

【請求項4】 変調器駆動信号とバイアス電圧と光源からの光信号を入力し、第1の出力子および第2の出力子から光信号を出力する外部光変調器と、前記第1の出力子から出力された光信号を分波する第1の合分波器と、前記第2の出力子から出力された光信号の周波数をシフトする周波数シフタと、前記周波数シフタから出力された光信号を遅延する遅延器と、前記第1の合分波器で分波された光信号の一部と、前記遅延器から出力された光信号とを合波する第2の合分波器と、前記第2の合分波器から出力される光信号を電気信号に変換する光／電気変換手段と、前記光／電気変換手段から出力される電気信号を選択的に透過させるバンドパスフィルタと、前記バンドパスフィルタからの出力からピークを検波するピーク検波器と、ディザ信号発生器からのディザ信号とピーク検波器からの出力信号との位相を比較して位相差に応じた誤差信号を出力する同期検波回路と、前記同期検波回路からの誤差信号から前記変調器駆動信号を調整する駆動振幅可変手段とを有し、前記外部光変調器に入力されるバイアス電圧は、前記ディザ信号発生器から出力

されるディザ信号とバイアス発生回路からのバイアス電圧とを加算したものであることを特徴とする光送信装置。

【請求項5】 変調器駆動信号とバイアス電圧と光源からの光信号を入力し、第1の出力子および第2の出力子から光信号を出力する外部光変調器と、前記第1の出力子から出力された光信号を分波する第1の合分波器と、前記第1の合分波器で分波された光信号を電気信号に変換する第1の光／電気変換手段と、前記第2の出力子からの光信号を電気信号に変換する第2の光／電気変換手段と、前記第1の光／電気変換手段からの出力と前記第2の光／電気変換手段からの出力との積を計算する乗算回路と、前記乗算回路からの出力信号から高域部分を削除する低域濾過フィルタと、前記低域濾過フィルタからの出力信号からバイアス電圧を調整するバイアス設定手段とを有することを特徴とする光送信装置。

【請求項6】 バイアス設定手段は、乗算回路からの出力信号の強度を監視し、この強度を最小にするようにバイアス電圧を調整することを特徴とする請求項5に記載の光送信装置。

【請求項7】 変調器駆動信号とバイアス電圧と光源からの光信号を入力し、第1の出力子および第2の出力子から光信号を出力する外部光変調器と、前記第1の出力子から出力された光信号を分波する第1の合分波器と、前記第1の合分波器で分波された光信号の一方を電気信号に変換する第1の光／電気変換手段と、前記第2の出力子からの光信号を電気信号に変換する第2の光／電気変換手段と、前記第1の光／電気変換手段からの出力と前記第2の光／電気変換手段からの出力との積を計算する乗算回路と、前記乗算回路からの出力信号のうち高域部分を削除する第1の低域濾過フィルタと、ディザ信号発生器からのディザ信号と前記第1の低域濾過フィルタからの出力信号との位相を比較して位相差に応じた誤差信号を出力する同期検波回路と、前記同期検波回路からの誤差信号から前記変調器駆動信号を調整する駆動振幅可変手段とを有し、前記外部光変調器に入力されるバイアス電圧は、前記ディザ信号発生器から出力されるディザ信号とバイアス発生回路からのバイアス電圧とを加算したものであることを特徴とする光送信装置。

【請求項8】 光源はパルス光源であることを特徴とする請求項1から請求項7のいずれかに記載の光送信装置。

【請求項9】 第1の出力子および第2の出力子から光信号を出力する外部光変調器と、前記第1の出力子から出力された光信号を分波する第1の合分波器と、前記第2の出力子から出力された光信号の周波数をシフトする周波数シフタと、前記周波数シフタから出力された光信号を遅延する遅延器と、前記第1の合分波器で分波された光信号の一方と、前記遅延器から出力された光信号とを合波する第2の合分波器と、前記第2の合分波器から

出力される光信号を電気信号に変換する光／電気変換手段と、前記光／電気変換手段から出力される電気信号を選択的に透過させるバンドパスフィルタと、前記バンドパスフィルタからの出力からピークを検波するピーク検波器とを有することを特徴とする光・電気回路。

【請求項 10】 第 1 の出力子および第 2 の出力子から光信号を出力する外部光変調器と、前記第 1 の出力子から出力された光信号を分波する第 1 の合分波器と、前記第 1 の合分波器で分波された光信号の一方を電気信号に変換する第 1 の光／電気変換手段と、前記第 2 の出力子からの光信号を電気信号に変換する第 2 の光／電気変換手段と、前記第 1 の光／電気変換手段からの出力と前記第 2 の光／電気変換手段からの出力との積を計算する乗算回路と、前記乗算回路からの出力信号のうち高域部分を削除する第 1 の低域濾過フィルタとを有することを特徴とする光・電気回路。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【産業上の利用分野】本発明は、光通信システムの外部光変調方式の光送信装置に関するものであり、特に、外部光変調器として最も一般的なリチウムナイオベイト

(LiNbO₃: Lithium Niobate) マ*

$$I(t) = k \{1 + \cos(\beta \cdot S(t) + \delta)\} \quad \text{式(1)}$$

で表わすことができる。ここで、変調信号 $S(t)$ として 2 値のデジタル信号を考える。例えば、 $\beta = \pi$ とし、適当なバイアス電圧(「DC 電圧」とも称す)を印加して初期の位相 δ が $\pi/2$ となるように選ぶと、光信号 $I(t)$ は、変調信号に比例する完全なオン／オフの信号として得ることができる。

【0005】但し、この場合にも、印加されるバイアス電圧が適切でない場合には、出力される光信号 $I(t)$ は、完全なオン／オフとはならず、すなわち、オン／オフ比である消光比を大きくすることはできない。なお、消光比の値が小さくなるにしたがって、受信特性、および伝送特性が劣化することが知られている。また、印加されるバイアス電圧が適切でない場合にも、波形が歪み、受信特性・伝送特性が劣化することが多い。

【0006】さらに、 δ が一定であれば問題ないが、通常の外部光変調器は動作点がドリフトしてしまうという問題がある。ドリフトには温度変化がもたらす焦電効果による熱ドリフトと、電極に印加したバイアス電圧が素子表面に形成する電荷分布による DC ドリフトがあり、これらのドリフトによる動作点変動を補償するためには、最適な動作点になるようにバイアス電圧を印加することが必要である。

【0007】図 19 は、特開平 5-1420504 号公報に記載された、バイアス電圧を安定化することを目的としてなされた従来の光送信装置の構成図である。図 19 中、101 は連続光を出射する光源、102 は外部光変調器、103 は合分波器、104 は光信号を電気信号

* ヲハツェンダ(Mach-Zehnder)型外部光変調器のバイアス制御方式に関するものである。

【0002】

【従来の技術】以前の光通信システムにおいては、レーザーダイオードを駆動電流で変調して電気信号に比例した光の強度信号を得る直接変調方式が用いられてきた。しかし、伝送速度が数 Gbit/s を超える超高速・広帯域光通信システムにおいては、直接変調時に光の波長が変化するチャープ現象が伝送容量を制限する要因となっていた。

【0003】そこで、現在では、チャープ現象が非常に小さく、10GHz 以上の動作帯域も比較的簡単に得られる外部変調方式が大容量光通信システムでは頻繁に適用されている。この外部変調方式を用いた外部光変調器として、最も一般的なものはリチウムナイオベイト(LiNbO₃: Lithium Niobate) マツハツェンダ(Mach-Zehnder)型光変調器である。

【0004】リチウムナイオベイトマツハツェンダ型光変調器を変調信号 $S(t)$ で変調した場合の光信号 $I(t)$ は、比例係数 k 、変調度 β 、動作点の位相 δ 、変調信号 $S(t)$ とした場合、

に変換するフォトダイオード(「PD」)、105 は PD 104 から出力する電気信号を増幅するプリアンプ、106 は同期検波回路である。なお、同期検波回路 106 は、ミキサ 107、演算増幅器 108、低域透過フィルタ 109 から構成される。110 は外部光変調器 102 に与えるバイアス電圧を発生するバイアス発生回路、111 は加算器、112 は外部光変調器 2 を駆動する外部光変調器駆動回路、113 はディザ信号発生器、114 は外部光変調器駆動信号にディザ信号発生器 113 から出力された低周波信号を重畳する低周波重畳回路、115 はバイアス T、116 は変調器駆動信号入力端子、117 は出力端子である。なお、データ信号は変調器駆動信号入力端子 116 から入力され、変調された光信号は出力端子 117 から出射される。

【0008】次に、図 19 に記載した 外部光変調器 102 のバイアス電圧を安定化させる動作について、図 20・図 21・図 22 の入力信号と出力する信号との相対表を用いて説明する。まず、ディザ信号発生器 113 から出力された低周波信号(fHz)は低周波重畳回路 114 によって外部光変調器駆動信号に重畳される。低周波重畳回路 114 から出力される外部光変調器駆動信号と、加算器 111 の出力とはバイアス T 115 を通じて外部光変調器 102 に入力される。ここで、外部光変調器 102 に入力される入力信号と、変調器 102 から出力される光信号との関係が図 20 であるとする。なお、図 20(a)は、バイアス T 115 から出力する信号でもある外部光変調器 102 に入力される入力信号を表

10

20

30

40

50

し、図 20 (b) は、数式 1 で与えられる外部光変調器 102 の動作特性曲線を表わし、図 20 (c) は、外部光変調器 102 から出力された光信号の波形を表わしている。なお、図 20 (b) でも明らかなように、バイアス電圧 (位相 δ) は正しく設定されている。すなはち、動作点ドリフトは発生していない。

【0009】この場合、出力する光信号では低周波成分 f Hz は観測されず、 $2f$ Hz 成分が発生する。従って、光信号を PD104 で受光し、プリアンプ 105 で増幅した後に、同期検波回路 106 に入力し、ディザ信号発生器 113 から出力される低周波信号 (f Hz) と同期検波したときの出力は 0 となる。

【0010】図 21 は、動作点ドリフトが発生し、バイアス電圧が正しい値からやや高くなった場合である。なお、同様に、図 21 (a) は 外部光変調器 102 に入力される入力信号、図 21 (b) は外部光変調器の動作特性曲線、図 21 (c) は外部光変調器 102 から出力される光信号を表わしている。図 21 (c) より、外部光変調器 102 の光信号には低周波成分 f Hz が含まれており、PD104 で受光されることによって低周波信号 (f Hz) として検出されることになる。なお、検出された低周波信号の位相は、入力信号に重畳された低周波信号の位相と反転する。これにより、同期検波回路 106 の出力信号電圧は負となり、外部光変調器 102 に入力されるバイアス電圧は減少するので、図 21 (a) の入力信号が左方向に移動し、最適化される。

【0011】図 22 は、動作点ドリフトが発生し、バイアス電圧がやや低くなった場合である。なお、同様に、図 22 (a) は外部光変調器 102 に入力される入力信号、図 22 (b) は外部光変調器 102 の動作特性曲線、図 22 (c) は外部光変調器 102 からの光信号を表わしている。図 22 (c) より、光信号には低周波成分 f Hz が含まれており、PD104 で受光することによって低周波信号 (f Hz) として検出されることになる。なお、検出された低周波信号の位相は、入力信号に重畳された低周波信号の位相と一致していることがわかる。これにより、同期検波回路 106 の出力信号電圧は正となり、外部光変調器 102 に入力されるバイアス電圧は増加するので、図 22 (a) の入力信号が右方向に移動し、最適化される。

【0012】このようにして、バイアス電圧の最適点からのずれに対応した誤差信号が同期検波回路 106 から出力されるため、誤差信号が小さくなるようにバイアス発生回路 110 が外部光変調器 102 に印加するバイアス電圧を制御することができ、動作点ドリフトの発生を防止することができる。

【発明が解決しようとする課題】

【0013】しかし、従来の光送信装置では、外部光変調器駆動信号に低周波信号を重畳する必要があるが、この 2 つの信号を重畳させることは容易ではなく、動作を安

定させるためには構成が複雑になるという問題があった。また、広帯域な駆動信号に低周波を重畳する際には、低周波重畳回路 114 として電圧制御アッテネータや電圧制御可変利得増幅器等を用いることとなるが、駆動信号帯域が 10 GHz 以上となるとこれらのデバイスの動作帯域が不足してしまい、駆動信号に波形歪みが生じてしまうという問題があった。

【0014】さらに、外部光変調器を駆動するデータ信号は式 (1) において $I(t)$ の振幅が K であることが光送信の品質の上からも、上述の動作点の自動制御回路の動作上からも望ましいが、振幅を自動制御する機構が無いという問題があった。

【0015】この発明はかかる問題を解決するためになされたものであり、簡単な構成で、広帯域な駆動信号に対しても精度よく動作し、さらに、自動的に振幅を制御することができる光送信装置を得ることを目的とする。

【0016】

【課題を解決するための手段】この発明にかかる光送信装置では、変調器駆動信号とバイアス電圧と光源からの光信号を入力し、第 1 の出力子および第 2 の出力子から光信号を出力する外部光変調器と、第 1 の出力子から出力された光信号を分波する第 1 の合分波器と、第 2 の出力子から出力された光信号の周波数をシフトする周波数シフタと、周波数シフタから出力された光信号を遅延する遅延器と、第 1 の合分波器で分波された光信号の一方と、遅延器から出力された光信号とを合波する第 2 の合分波器と、第 2 の合分波器から出力される光信号を電気信号に変換する光/電気変換手段と、光/電気変換手段から出力される電気信号を選択的に透過させるバンドパスフィルタと、バンドパスフィルタからの出力からピークを検波するピーク検波器と、ピーク検波器からの出力信号に基づいてバイアス電圧を設定するバイアス設定手段とを有するものとした。

【0017】さらに、バイアス設定手段は、ピーク検波器からの出力信号の強度を監視し、この強度を最小にするようにバイアス電圧を調整するものとした。

【0018】さらに、バイアス設定手段は、一定のバイアス電圧を発生させるバイアス発生回路と、ディザ信号発生器と、ディザ信号発生器からのディザ信号とピーク検波器からの出力信号との位相を比較して位相差に応じた誤差信号を出力する同期検波回路と、ディザ信号発生器からのディザ信号、同期検波回路から出力される誤差信号、およびバイアス電圧発生回路からのバイアス電圧を加算する加算器とを有し、外部光変調器に入力されるバイアス電圧は加算器からの出力であるものとした。

【0019】また、この発明にかかる光送信装置においては、変調器駆動信号とバイアス電圧と光源からの光信号を入力し、第 1 の出力子および第 2 の出力子から光信号を出力する外部光変調器と、第 1 の出力子から出力された光信号を分波する第 1 の合分波器と、第 2 の出力子

から出力された光信号の周波数をシフトする周波数シフタと、周波数シフタから出力された光信号を遅延する遅延器と、第1の合分波器で分波された光信号の一部と、遅延器から出力された光信号とを合波する第2の合分波器と、第2の合分波器から出力される光信号を電気信号に変換する光／電気変換手段と、光／電気変換手段から出力される電気信号を選択的に透過させるバンドパスフィルタと、バンドパスフィルタからの出力からピークを検波するピーク検波器と、ディザ信号発生器からのディザ信号とピーク検波器からの出力信号との位相を比較して位相差に応じた誤差信号を出力する同期検波回路と、同期検波回路からの誤差信号から変調器駆動信号を調整する駆動振幅可変手段とを有し、外部光変調器に入力されるバイアス電圧は、ディザ信号発生器から出力されるディザ信号とバイアス発生回路からのバイアス電圧とを加算したものであるとした。

【0020】また、この発明にかかる光送信装置においては、変調器駆動信号とバイアス電圧と光源からの光信号を入力し、第1の出力子および第2の出力子から光信号を出力する外部光変調器と、第1の出力子から出力された光信号を分波する第1の合分波器と、第1の合分波器で分波された光信号を電気信号に変換する第1の光／電気変換手段と、第2の出力子からの光信号を電気信号に変換する第2の光／電気変換手段と、第1の光／電気変換手段からの出力と第2の光／電気変換手段からの出力との積を計算する乗算回路と、乗算回路からの出力信号から高域部分を削除する低域濾過フィルタと、低域濾過フィルタからの出力信号からバイアス電圧を調整するバイアス設定手段とを有するものとした。

【0021】さらに、バイアス設定手段は、乗算回路からの出力信号の強度を監視し、この強度を最小にするようにバイアス電圧を調整するものとした。

【0022】また、この発明にかかる光送信装置においては、変調器駆動信号とバイアス電圧と光源からの光信号を入力し、第1の出力子および第2の出力子から光信号を出力する外部光変調器と、第1の出力子から出力された光信号を分波する第1の合分波器と、第1の合分波器で分波された光信号の一方を電気信号に変換する第1の光／電気変換手段と、第2の出力子からの光信号を電気信号に変換する第2の光／電気変換手段と、第1の光／電気変換手段からの出力と第2の光／電気変換手段からの出力との積を計算する乗算回路と、乗算回路からの出力信号のうち高域部分を削除する第1の低域濾過フィルタと、ディザ信号発生器からのディザ信号と第1の低域濾過フィルタからの出力信号との位相を比較して位相差に応じた誤差信号を出力する同期検波回路と、同期検波回路からの誤差信号から変調器駆動信号を調整する駆動振幅可変手段とを有し、外部光変調器に入力されるバイアス電圧は、ディザ信号発生器から出力されるディザ信号とバイアス発生回路からのバイアス電圧とを加算し

たものであるものとした。

【0023】さらに、光源はパルス光源であるものとした。

【0024】また、この発明にかかる光・電気回路は、第1の出力子および第2の出力子から光信号を出力する外部光変調器と、第1の出力子から出力された光信号を分波する第1の合分波器と、第2の出力子から出力された光信号の周波数をシフトする周波数シフタと、周波数シフタから出力された光信号を遅延する遅延器と、第1の合分波器で分波された光信号の一方と、遅延器から出力された光信号とを合波する第2の合分波器と、第2の合分波器から出力される光信号を電気信号に変換する光／電気変換手段と、光／電気変換手段から出力される電気信号を選択的に透過させるバンドパスフィルタと、バンドパスフィルタからの出力からピークを検波するピーク検波器とを有するものとした。

【0025】また、この発明にかかる光・電気回路は、第1の出力子および第2の出力子から光信号を出力する外部光変調器と、第1の出力子から出力された光信号を分波する第1の合分波器と、第1の合分波器で分波された光信号の一方を電気信号に変換する第1の光／電気変換手段と、第2の出力子からの光信号を電気信号に変換する第2の光／電気変換手段と、第1の光／電気変換手段からの出力と第2の光／電気変換手段からの出力との積を計算する乗算回路と、乗算回路からの出力信号のうち高域部分を削除する第1の低域濾過フィルタとを有するものとした。

【0026】

【発明の実施の形態】実施の形態1. 図1は、この発明の実施の形態1における光送信装置である。図1において、1は光源、2は外部光変調器、3aは第1の合分波器、3bは第2の合分波器、4は光信号を電気信号に変換するフォトダイオード（以下、「PD」）、5はPD4から出力する電気信号を増幅するプリアンプ、6はバンドパスフィルタ、7はピーク検波器、8はバイアス設定手段であるバイアス設定回路、9は光の周波数をシフトする周波数シフタ、10は光信号に遅延を与える光遅延器、11は外部光変調器を駆動する外部光変調器駆動回路、12はバイアスT、13は変調器駆動信号の入力端子、14は出力端子、15aは外部光変調器の第1の出力子、15bは外部光変調器の第2の出力子である。なお、外部光変調器2の特徴として第1の出力子15aと第2の出力子15bは相補的である。すなわち、外部光変調器2の第1の出力子15aが光を出力しているときには、第2の出力子15bはオフになっており、逆に、外部光変調器2の第2の出力子15bが光を出力しているときには、第1の出力子15aはオフになっている。また、PD4およびプリアンプ5とで光／電気変換手段16を構成している。

【0027】なお、周波数シフタ9は、典型的には光周

波数を数10MHzから数GHzシフトするものであり、音響光学効果を用いたものが一般的である。また、バイアス設定回路8は、ピーク検波器7の出力信号に応じてバイアスT12にDC電圧を供給する回路であり、同期検波回路等のアナログ制御回路、必要に応じてCPUを用いたデジタル制御回路等を用いることができる。

【0028】さらに、光源1としては半導体レーザ、LED、多波長光源等を用いることができ、外部光変調器2としては、リチウムナイオベイト(LiNbO₃:Lithium Niobate)マッハツェンダ(Mach-Zehnder)型光変調器を用いることができる。合分波器3としては、光カプラ、導波路合分波器、誘電体合分波器などを用い、PD5のかわりにAPD等を用いてもよい。

【0029】次に、動作について説明する。まず、入力端子13から入力された変調器駆動信号が、バイアスT12にてバイアス設定回路8から出力されたバイアス電圧と重畳されて、外部光変調器2に入力される。図2は、外部光変調器2での入力信号と出力する光信号との関係を示す図であり、図2(a)はバイアスT12から外部光変調器2に供給される入力信号を、図2(b)は外部光変調器2の動作特性曲線を、図2(c)は外部光変調器2からの光信号を示している。なお、ここで光信号の最小の値をa、最大の値をbとした場合、消光比は b/a で与えられ、これはバイアス電圧に依存している。図3は、バイアス電圧と消光比の関係を示すグラフであり、これよりバイアス電圧が最適となったときに消光比は最大となることがわかる。

【0030】なお、外部光変調器2からの出力する光信号は、第1の出力子15aおよび第2の出力子15bから出力される。図4は、第1の出力子15aおよび第2の出力子15bから出力する光信号の関係を示す図であり、図4(a)は外部光変調器2の第1の出力子15aより出力される光信号、図4(b)は外部光変調器2の第2の出力子15bより出力される光信号を示している。第1の出力子15aから出力された光信号は、第1の合分波器3aで分波された後、一方が出力端子14から外部に出力され、他方が第2の合分波器3bに送られる。また、第2の出力子15bより出力された光信号は、周波数シフタ9によって光周波数を f (MHz)シフトされ光遅延器10で遅延された後、第1の合分波器3aからの光信号と合波され、PD4で光信号から電気信号に変換される。なお、PD4は2乗検波特性を有するため、図4(a)と図4(b)の積に比例する f (MHz)のビート信号を発生する。

【0031】このビート信号は、プリアンプ5で増幅させた後にBPF6で選択的に透過され、ピーク検波器7によってピーク検波される。図4(c)は、ピーク検波器7からの出力信号を示している。なお、ピーク検波器7から出力される出力信号の信号レベルは、消光比が高

くなるほど小さくなる。例えば、図5は図4に比較して消光比が高いときの様子を示したものであり、図4と同様に、図5(a)は外部光変調器2の第1の出力子15aより出力される光信号、図5(b)は第2の出力子15bより出力される光信号、図5(c)はピーク検波器7の出力信号を示しており、図4の場合に比較して、ピーク検波器7から出力される信号レベルは小さくなる。従って、ピーク検波器7からの出力により、消光比の増減変動を知ることができる。

10 【0032】なお、図6は消光比とピーク検波器7から出力される信号レベルの関係を示すものである。ピーク検波器7からの出力信号は、バイアス設定回路8に送られる。バイアス設定回路8では、この出力信号の強度を常に検出しており、出力強度を常に最小の値に設定するように外部光変調器2に印加するバイアス電圧を設定する。

20 【0033】このことにより、外部光変調器駆動信号に低周波信号を重畳することなく簡単な構成で、外部からの影響や機器の劣化により外部光変調器の動作極性が変化した場合にも、最適な消光比が得られるように自動的に制御ができ、常に一定の出力光を得ることができる。

【0034】実施の形態2. 図7は、この発明の実施の形態2における光送信装置の構成を示すブロック図であり、図1における光送信装置において、ディザ信号発生器、同期検波回路、バイアス発生回路、加算器を用いて、消光比の調整を図るようにしたものである。

【0035】図7において、17は同期検波回路、18は一定のバイアス電圧を発生させるバイアス発生回路、19は加算器である。また、同期検波回路18は、位相比較器20と、第1の増幅器21aと、低域濾過フィルタ22と、第2の増幅器21bとで主に構成されている。23は、ディザ信号発生回路である。なお、同期検波回路17と、バイアス発生回路18と、加算器19と、ディザ信号発生回路23とでバイアス設定手段24を構成している。また、第1の増幅器21aおよび第2の増幅器21bは演算増幅器を用いて構成でき、例えば、リミッタアンプとすることができる。さらに、位相比較器20としては例えばミキサを用いることができる。

40 【0036】次に動作について説明する。ディザ信号発生器23から出力されるディザ信号である低周波信号(xHz)は、加算器19において、バイアス発生回路18で発生したバイアス電圧と加算される。その後、加算器19からの出力は、入力端子13から入力される増幅器11で増幅された変調器駆動信号とバイアスT12で重畳され、外部光変調器2に送られる。

50 【0037】外部光変調器2では、光が変調され、第1の出力子15aおよび第2の出力子15bから光信号が出力される。第1の出力子15aからの光信号は第1の合分波器3aを介して、第2の合分波器3bに送られ、

周波数シフタ 9、光遅延器 10 を介して送られた第 2 の出力子 15 b からの光信号と合波される。その後、この合波された光信号は、PD 4、プリアンプ 5、バンドパスフィルタ 6、ピーク検波器 7 を介して、同期検波回路 17 に送られる。

【0038】同期検波回路 17 では、ディザ信号発生器 23 からの低周波信号とピーク検波器 7 からの出力信号との位相差に応じた誤差信号が位相比較器 20 より出力される。この出力信号は、第 1 の増幅器 21 a で増幅された後、低域濾過フィルタ 9 で高域部分が削除され、さらに第 2 の増幅器 21 b で増幅されて、誤差信号として加算器 18 に送られる。

【0039】図 8 は、動作点ドリフトが発生しておらずバイアス電圧が正しく調整されている場合でのディザ信号発生器 23 から出力された低周波信号と、ピーク検波器 7 から同期検波回路 17 に送られる信号の関係を示す図であり、図 8 (a) はバイアスと消光比の関係、図 8 (b) はディザ信号発生器 23 から出力された低周波信号、図 8 (c) はピーク検波回路 7 から出力された信号の波形を示している。なお、図 8 (c) では、x Hz の低周波信号に対して、ピーク検波器 7 からの出力では低周波成分 x Hz は観測されず、2 x Hz 成分が発生している。この場合、ピーク検波器 7 から同期検波回路 17 に入力される信号と、ディザ信号発生器 23 から出力される低周波信号 (x Hz) とを同期検波した値はゼロとなる。

【0040】図 9 は、動作点ドリフトが発生し、バイアス電圧がやや高くなった場合での、ディザ信号発生器 23 から出力される低周波信号とピーク検波器 7 から同期検波回路 17 に送られる信号の関係を示す図であり、図 9 (a) はバイアスと消光比の関係、図 9 (b) はディザ信号発生器 23 から出力される低周波信号、図 9 (c) はピーク検波器 7 から出力された信号の波形を示している。なお、図 9 (c) では、ピーク検波器 7 から出力される低周波信号 (x Hz) の位相が、ディザ信号発生器 23 から出力される低周波信号の位相と反転している。この場合、同期検波回路 17 からの誤差信号は負となる。従って、この誤差信号は、バイアス発生回路 18 から出力する電圧と加算器 19 で加算されて外部光変調器 2 に送られるバイアス電圧を下げる方向に制御するので図 9 (b) の正弦波は左方向に移動していき、自動的にバイアス電圧を調整し、消光比を最適な値に調整する。

【0041】また、図 10 は、動作点ドリフトが発生しバイアス電圧がやや低くなった場合でのディザ信号発生器 23 から出力される低周波信号と、ピーク検波器 7 から同期検波回路 17 に送られる信号の関係を示す図であり、図 10 (a) はバイアスと消光比の関係、図 10 (b) はディザ信号発生器 23 から出力される低周波信号、図 10 (c) はピーク検波器 7 から出力された信号

波形を示している。なお、図 10 (c) では、ピーク検波器 7 から出力される低周波信号 (x Hz) の位相が、ディザ信号発生器 23 から出力される低周波信号の位相と同相となっている。この場合、同期検波回路 17 からの誤差信号は正となる。従って、この誤差信号は、バイアス発生回路 18 から出力する電圧と加算器 19 で加算されて外部光変調器 2 に送られるバイアス電圧を上げる方向に制御するので図 10 (b) の正弦波は右方向に移動していき、自動的にバイアス電圧を調整し、消光比を最適な値に調整する。

【0042】このようにして、バイアス電圧の最適点からのずれに対応した誤差信号が同期検波回路 17 から出力されるため、誤差信号をバイアス電圧にフィードバックすることで、外部光変調器の動作点ドリフトを抑圧できる。バイアス電圧に重畳する低周波信号振幅は外部光変調器駆動信号の数%以下とすれば出力端子 14 からの光信号の品質劣化は生じない。また、同期検波回路 17 に増幅器としてリミッタアンプを用いることで光源 1 より出力される光信号強度変動の影響を受けることなく、バイアス電圧の誤差信号を得ることができる。

【0043】なお、この実施の形態では、入力端子 13 から入力される変調器駆動信号とバイアス信号をバイアス T 12 で合成した後に、外部光変調器 2 に印加しているが、外部光変調器の構成によっては、入力端子から入力すると変調器駆動信号バイアス信号を異なる端子から入力印加できるものもあり、この場合には、バイアス T を使用する必要はない。また、2 つの電極に極性が異なる光信号を入力することで動作する外部光変調器もあり、この場合には、低周波信号および誤差信号を重畳すべきバイアス印加端子は 1 つであり本発明の適用を妨げるものではない。

【0044】実施の形態 3. 図 11 は、この発明の実施の形態 3 における光送信装置を示すブロック図であり、図 7 の光送信装置において、バイアス電圧ではなく、入力端子 13 から入力される変調器駆動振幅を制御することで消光比劣化の発生を抑制するものである。

【0045】図 11 中、25 は駆動振幅可変手段である。また、第 2 の増幅器 21 b からの出力は、加算器 19 ではなく、駆動振幅可変手段 25 に接続されるように構成されている。次に、動作について説明する。図 12 (a) はディザ信号発生器 23 から出力された低周波信号を、図 12 (b) は動作特性曲線を、図 12 (c) は出力端子 14 からの光信号出力を、図 12 (d) はピーク検波器 7 からの出力を示している。

【0046】このとき、変調器駆動振幅は最適な値となっているため、ピーク検波器 7 からの出力は図 8 (c) と同様の波形となり、低周波成分 x Hz 成分は観測されず、2 x Hz 成分が発生する。従って、同期検波回路 17 からの誤差信号の値は零となる。

【0047】次に、変調器駆動振幅が最適値より大きく

10

20

30

40

50

なった場合を考える。図 13 (a) はディザ信号発生器 23 から出力された低周波信号を、図 13 (b) は動作特性曲線を、図 13 (c) は出力端子 14 からの光信号出力を、図 13 (d) はピーク検波器 7 からの出力を示している。

【0048】このとき、ピーク検波器 7 からの出力は、図 9 (c) のようにディザ信号発生器 23 から出力される低周波信号の位相と反転しているため、同期検波回路 17 からの誤差信号の値は負となる。

【0049】駆動振幅可変手段 25 では、同期検波回路 17 からの出力が負となったことを検出した場合には、変調器駆動信号の振幅を小さくするような制御を行う。

【0050】逆に、変調器駆動振幅が最適値より小さくなった場合を考える。図 14 (a) はディザ信号発生器 23 から出力された低周波信号を、図 14 (b) は動作特性曲線を、図 14 (c) は出力端子 14 からの光信号出力を、図 14 (d) はピーク検波器 7 からの出力を示している。

【0051】なお、図 14 (d) で示される波形は、図 10 (c) のようにディザ信号発生器 23 から出力される低周波信号の位相と同相であるため、同期検波回路 17 からの誤差信号の値は正になる。

【0052】駆動振幅可変手段 25 では、同期検波器 17 からの出力が正となったことを検出した場合には、変調器駆動信号の振幅を大きくするような制御を行う。

【0053】このようにすることで、常に最適の変調器駆動信号の振幅状態を確保することができる。

【0054】実施の形態 4. 図 15 は、この発明の実施の形態 4 における光送信装置を示すブロック図であり、図 1 における光送信装置において、外部光変調器の 2 つの出力子から得る光信号を個々に電気信号に変換し、加算したものを使用して、バイアス電圧を調整するようにしたものである。

【0055】図 15 中、4 a は外部光変調器 2 の第 1 の出力子 15 a 側に接続され、光信号を電気信号に変換する第 1 の PD、4 b は外部光変調器 2 の第 2 の出力子 15 b 側に接続され、光信号を電気信号に変換する第 2 の PD、5 a は PD 4 a の出力電気信号を増幅する第 1 のプリアンプ、5 b は PD 4 b の出力電気信号を増幅する第 2 のプリアンプ、26 は乗算回路、27 は低域濾過フィルタである。なお、低域透過フィルタ 27 の出力はバイアス設定回路 8 に接続されている。また、乗算回路 26 としては例えばミキサを用いることができる。さらに、第 1 の PD 4 a と第 1 のプリアンプ 5 a とで、第 1 の光/電気変換手段 16 a が構成され、第 2 の PD 4 b と第 1 のプリアンプ 5 b とで、第 2 の光/電気変換手段 16 b が構成される。

【0056】次に、動作について説明する。外部光変調器 2 の第 1 の出力子 15 a からの光信号は、第 1 の合分波器 3 a で分波され、その一方は、第 1 の PD 4 a で電

気信号に変換された後に第 1 のプリアンプ 5 a で増幅され、乗算回路 26 に送られる。また、光増幅器 2 の第 2 の出力子 15 b からの光信号は、第 2 の PD 4 b で電気信号に変換された後に第 2 のプリアンプ 5 b で増幅され、乗算回路 26 に送られる。乗算回路 26 では、この 2 つの電気信号を乗算処理する。乗算処理された結果は、低域濾過フィルタ 27 で低域部分を削除した後、バイアス設定回路 8 に送られる。

【0057】なお、低域濾過フィルタ 27 からの出力は、図 4 (c) および図 5 (c) に記載のものと同様に消光比に対応する出力となる。

【0058】バイアス設定回路 8 では、この出力信号の強度を常に検出しており、出力強度を常に最小の値に設定するように外部光変調器 2 に印加するバイアス電圧を設定する。これにより、出力特性が劣化した場合には、このことを検出しバイアス電圧を調整するので、常に、高品質な光信号を出力することができる。

【0059】実施の形態 5. 図 16 は、この発明の実施の形態 5 における光送信装置を示すブロック図であり、図 11 の光送信装置において、外部光変調器の 2 つの出力子からの光信号を個々に電気信号に変換し、加算したものを使用して、変調器駆動信号の振幅を調整するようにしたものである。

【0060】図 16 中、4 a は外部光変調器 2 の第 1 の出力子 15 a 側に接続され、光信号を電気信号に変換する第 1 の PD、4 b は外部光変調器 2 の第 2 の出力子 15 b 側に接続され、光信号を電気信号に変換する第 2 の PD、5 a は PD 4 a の出力電気信号を増幅する第 1 のプリアンプ、5 b は PD 4 b の出力電気信号を増幅する第 2 のプリアンプ、26 は乗算回路、27 は低域濾過フィルタである。さらに、第 1 の PD 4 a と第 1 のプリアンプ 5 a とで、第 1 の光/電気変換手段 16 a が構成され、第 2 の PD 4 b と第 1 のプリアンプ 5 b とで、第 2 の光/電気変換手段 16 b が構成される。

【0061】次に、動作について説明する。外部光変調器 2 の第 1 の出力子 15 a および第 2 の出力子 15 b から出力された光信号は、個々に電気信号に変換され、乗算回路 26 で、この 2 つの電気信号を乗算処理される。この出力信号は、低域濾過フィルタ 27 で高域部分を削除した後に同期検波回路 16 に送られる。低域濾過フィルタ 27 の出力は、図 4 (c) および図 5 (c) に示すように消光比に対応したものとなる。

【0062】駆動振幅可変手段 25 では、同期検波器 17 からの出力を測定し、負となったことを検出した場合には、駆動光信号の振幅を小さくするように制御し、正となったことを検出した場合には、駆動光信号の振幅を大きくするように制御を行う。

【0063】このようにすることで、常に最適の駆動光の振幅状態を確保することができる。なお、この実施の形態では、外部光変調器 2 へのバイアス電圧の最適化を

10

20

30

40

50

行っていないが、同期検波回路17の出力を加算器19にも入力させることでバイアス電圧の最適化を同時に行うことができる。

【0064】実施の形態6. 図17は、この発明の実施の形態6における光送信装置を示すブロック図であり、図1の光送信装置において、光源としてパルス光源を用いたものである。

【0065】図17中、28はパルス光源であり、パルス光源を使用した場合に出力される光信号はRZ信号となる。なお、全体的な動作については、図1と同様である。図19は、パルス光源を用いたときの、外部光変調器2の出力とピーク検波器7の出力とを示すもので、図19(a)は第1の出力子15aからの出力、図19(b)は第2の出力子15bからの出力、図19(c)は、ピーク検波器7からの出力を表わしている。

【0066】ここで、図19(c)では、通常の光源を使用した場合に比較して細かいピーク部分が見られないことがわかる。これは、パルス光源28から出力される信号はRZ信号となるからである。なお、このピーク部分は誤差信号の誤差要因の一つともなっている。

【0067】従って、パルス光源を使用した場合には、消光比検出の感度が増すために消光比が高くなり、高品質な光信号を出力することができる。

【0068】

【発明の効果】この発明にかかる光送信装置では、変調器駆動信号とバイアス電圧と光源からの光信号を入力し、第1の出力子および第2の出力子から光信号を出力する外部光変調器と、第1の出力子から出力された光信号を分波する第1の合分波器と、第2の出力子から出力された光信号の周波数をシフトする周波数シフタと、周波数シフタから出力された光信号を遅延する遅延器と、第1の合分波器で分波された光信号の一方と、遅延器から出力された光信号とを合波する第2の合分波器と、第2の合分波器から出力される光信号を電気信号に変換する光/電気変換手段と、光/電気変換手段から出力される電気信号を選択的に透過させるバンドパスフィルタと、バンドパスフィルタからの出力からピークを検波するピーク検波器と、ピーク検波器からの出力信号に基づいてバイアス電圧を設定するバイアス設定手段とを有するものとした。

【0069】さらに、バイアス設定手段は、ピーク検波器からの出力信号の強度を監視し、この強度を最小にするようにバイアス電圧を調整するものとした。

【0070】このことにより、外部光変調器駆動信号に低周波信号を重ねることなく、簡単な構成で、外部からの影響や機器の劣化により外部光変調器の動作極性が変化しても、最適な消光比が得られるように自動的に制御ができ、常に一定の出力光を得ることができる。

【0071】さらに、バイアス設定手段は、一定のバイアス電圧を発生させるバイアス発生回路と、ディザ信号

発生器と、ディザ信号発生器からのディザ信号とピーク検波器からの出力信号との位相を比較して位相差に応じた誤差信号を出力する同期検波回路と、ディザ信号発生器からのディザ信号、同期検波回路から出力される誤差信号、およびバイアス電圧発生回路からのバイアス電圧を加算する加算器とを有し、外部光変調器に入力されるバイアス電圧は加算器からの出力であるものとした。

【0072】このようにして、バイアス電圧の最適点からのずれに対応した誤差信号が同期検波回路17から出力されるため、誤差信号をバイアス電圧にフィードバックすることで、外部光変調器の動作点ドリフトを抑圧できる。

【0073】また、この発明にかかる光送信装置においては、変調器駆動信号とバイアス電圧と光源からの光信号を入力し、第1の出力子および第2の出力子から光信号を出力する外部光変調器と、第1の出力子から出力された光信号を分波する第1の合分波器と、第2の出力子から出力された光信号の周波数をシフトする周波数シフタと、周波数シフタから出力された光信号を遅延する遅延器と、第1の合分波器で分波された光信号の一部と、遅延器から出力された光信号とを合波する第2の合分波器と、第2の合分波器から出力される光信号を電気信号に変換する光/電気変換手段と、光/電気変換手段から出力される電気信号を選択的に透過させるバンドパスフィルタと、バンドパスフィルタからの出力からピークを検波するピーク検波器と、ディザ信号発生器からのディザ信号とピーク検波器からの出力信号との位相を比較して位相差に応じた誤差信号を出力する同期検波回路と、同期検波回路からの誤差信号から変調器駆動信号を調整する駆動振幅可変手段とを有し、外部光変調器に入力されるバイアス電圧は、ディザ信号発生器から出力されるディザ信号とバイアス発生回路からのバイアス電圧とを加算したものであるものとした。

【0074】このようにすることで、常に最適の変調器駆動信号の振幅状態を確保することができる。

【0075】また、この発明にかかる光送信装置においては、変調器駆動信号とバイアス電圧と光源からの光信号を入力し、第1の出力子および第2の出力子から光信号を出力する外部光変調器と、第1の出力子から出力された光信号を分波する第1の合分波器と、第1の合分波器で分波された光信号を電気信号に変換する第1の光/電気変換手段と、第2の出力子からの光信号を電気信号に変換する第2の光/電気変換手段と、第1の光/電気変換手段からの出力と第2の光/電気変換手段からの出力との積を計算する乗算回路と、乗算回路からの出力信号から高域部分を削除する低域濾過フィルタと、低域濾過フィルタからの出力信号からバイアス電圧を調整するバイアス設定手段とを有するものとした。

【0076】さらに、バイアス設定手段は、乗算回路からの出力信号の強度を監視し、この強度を最小にするよ

うにバイアス電圧を調整するものとした。

【0077】これにより、出力特性が劣化した場合に、このことを検出しバイアス電圧を調整するので、常に、高品質な光信号を出力することができる。

【0078】また、この発明にかかる光送信装置においては、変調器駆動信号とバイアス電圧と光源からの光信号を入力し、第1の出力子および第2の出力子から光信号を出力する外部光変調器と、第1の出力子から出力された光信号を分波する第1の合分波器と、第1の合分波器で分波された光信号の一方を電気信号に変換する第1の光／電気変換手段と、第2の出力子からの光信号を電気信号に変換する第2の光／電気変換手段と、第1の光／電気変換手段からの出力と第2の光／電気変換手段からの出力との積を計算する乗算回路と、乗算回路からの出力信号のうち高域部分を削除する第1の低域濾過フィルタと、ディザ信号発生器からのディザ信号と第1の低域濾過フィルタからの出力信号との位相を比較して位相差に応じた誤差信号を出力する同期検波回路と、同期検波回路からの誤差信号から変調器駆動信号を調整する駆動振幅可変手段とを有し、外部光変調器に入力されるバイアス電圧は、ディザ信号発生器から出力されるディザ信号とバイアス発生回路からのバイアス電圧とを加算したものであるものとした。

【0079】このようにすることで、常に最適の駆動振幅状態を確保することができる。

【0080】さらに、光源はパルス光源であるものとした。

【0081】これにより、消光比検出の感度が増すために消光比が高くなり、高品質な光信号を出力することができる。

【0082】また、この発明にかかる光・電気回路は、第1の出力子および第2の出力子から光信号を出力する外部光変調器と、第1の出力子から出力された光信号を分波する第1の合分波器と、第2の出力子から出力された光信号の周波数をシフトする周波数シフタと、周波数シフタから出力された光信号を遅延する遅延器と、第1の合分波器で分波された光信号の一方と、遅延器から出力された光信号とを合波する第2の合分波器と、第2の合分波器から出力される光信号を電気信号に変換する光／電気変換手段と、光／電気変換手段から出力される電気信号を選択的に透過させるバンドパスフィルタと、バンドパスフィルタからの出力からピークを検波するピーク検波器とを有するものとした。

【0083】また、この発明にかかる光・電気回路は、第1の出力子および第2の出力子から光信号を出力する外部光変調器と、第1の出力子から出力された光信号を分波する第1の合分波器と、第1の合分波器で分波された光信号の一方を電気信号に変換する第1の光／電気変換手段と、第2の出力子からの光信号を電気信号に変換する第2の光／電気変換手段と、第1の光／電気変換手

段からの出力と第2の光／電気変換手段からの出力との積を計算する乗算回路と、乗算回路からの出力信号のうち高域部分を削除する第1の低域濾過フィルタとを有するものとした。

【0084】これにより、消光比と相関関係を有する電気信号を得ることで、消光比の増減を観察することができる。

【図面の簡単な説明】

【図1】 この発明の実施の形態1における光送信装置を示すブロック図である。

【図2】 この発明の実施の形態1における外部光変調器の入力と出力との相対関係を示す図である。

【図3】 バイアス電圧と消光比の関係を示す図である。

【図4】 この発明の実施の形態1における第1の出力子と第2の出力子とピーク検波器との出力を示す図である。

【図5】 この発明の実施の形態1における第1の出力子と第2の出力子とピーク検波器との出力を示す図である。

【図6】 消光比とピーク検波器から出力される信号レベルの関係を示す図である。

【図7】 この発明の実施の形態2における光送信装置を示すブロック図である。

【図8】 この発明の実施の形態2におけるディザ信号発生器からの出力とピーク検波器からの出力との関係を示す図である。

【図9】 この発明の実施の形態2におけるディザ信号発生器からの出力とピーク検波器からの出力との関係を示す図である。

【図10】 この発明の実施の形態2におけるディザ信号発生器からの出力とピーク検波器からの出力との関係を示す図である。

【図11】 この発明の実施の形態3における光送信装置を示すブロック図である。

【図12】 この発明の実施の形態3におけるディザ信号発生器からの出力とピーク検波器からの出力との関係を示す図である。

【図13】 この発明の実施の形態3におけるディザ信号発生器からの出力とピーク検波器からの出力との関係を示す図である。

【図14】 この発明の実施の形態3におけるディザ信号発生器からの出力とピーク検波器からの出力との関係を示す図である。

【図15】 この発明の実施の形態4における光送信装置を示すブロック図である。

【図16】 この発明の実施の形態5における光送信装置を示すブロック図である。

【図17】 この発明の実施の形態6における光送信装置を示すブロック図である。

【図18】 この発明の実施の形態6における第1の出力子と第2の出力子とピーク検波器との出力を示す図である。

【図19】 従来の光送信装置を示すブロック図である。

【図20】 従来の光送信装置での外部光変調器の入力と出力との相対関係を示す図である。

【図21】 従来の光送信装置での外部光変調器の入力と出力との相対関係を示す図である。

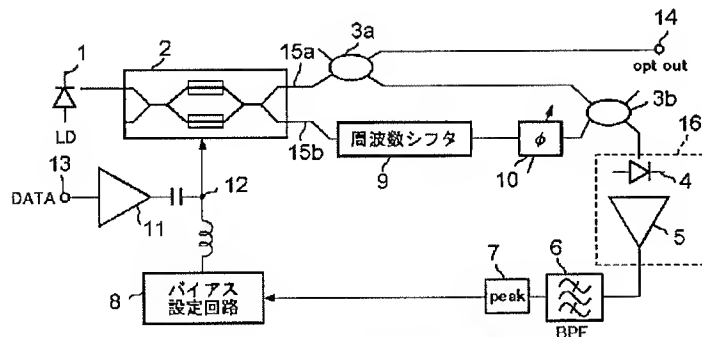
【図22】 従来の光送信装置での外部光変調器の入力と出力との相対関係を示す図である。

【符号の説明】

- 1 光源
- 2 外部光変調器
- 3 合分波器
- 4 フォトダイオード
- 5 プリアンプ
- 6 バンドパスフィルタ
- 7 ピーク検波器
- 8 バイアス設定回路

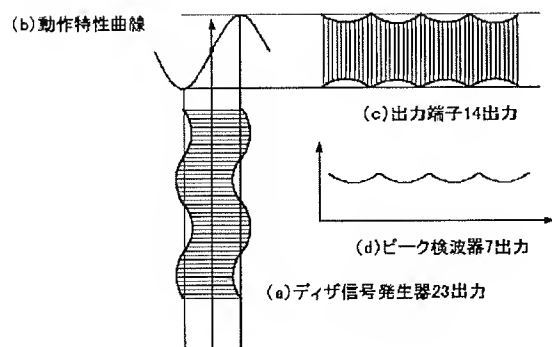
- 9 周波数シフタ
- 10 光遅延回路
- 11 光変調駆動回路
- 12 バイアスT
- 13 入力端子
- 14 出力端子
- 15 出力子
- 16 光／電気変換手段
- 17 同期検波回路
- 18 バイアス発生回路
- 19 加算器
- 20 位相比較器
- 21 増幅器
- 22 低域濾過フィルタ
- 23 ディザ信号発生器
- 24 バイアス設定手段
- 25 駆動振幅可変手段
- 26 乗算回路
- 27 低域濾過フィルタ
- 28 パルス光源

【図1】

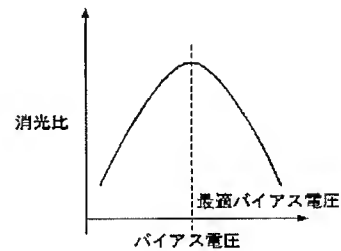


- | | | |
|----------------|-------------|-------------|
| 1:光源 | 8:バイアス設定回路 | 15a:第1の出力子 |
| 2:外部光変調器 | 9:周波数シフタ | 15b:第2の出力子 |
| 3a:第1の合分波器 | 10:光遅延器 | 16:光／電気変換手段 |
| 3b:第2の合分波器 | 11:光変調器駆動回路 | |
| 4:フォトダイオード(PD) | 12:バイアスT | |
| 5:プリアンプ | 13:入力端子 | |
| 6:バンドパスフィルタ | 14:出力端子 | |
| 7:ピーク検波器 | | |

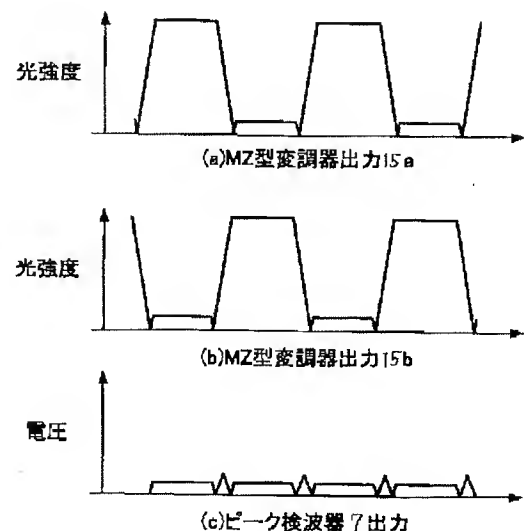
【図12】



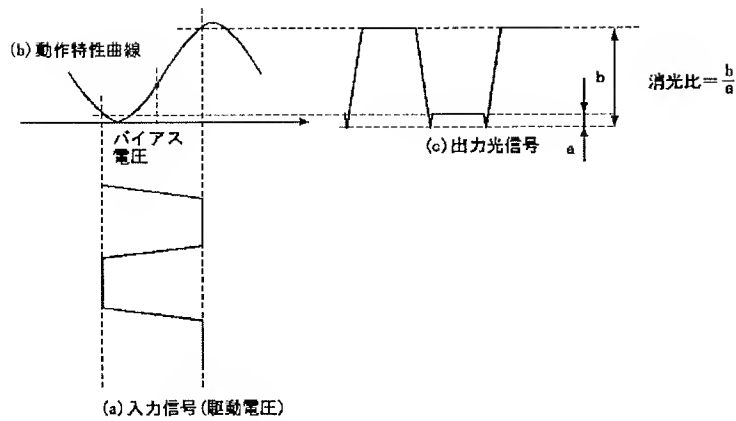
【図3】



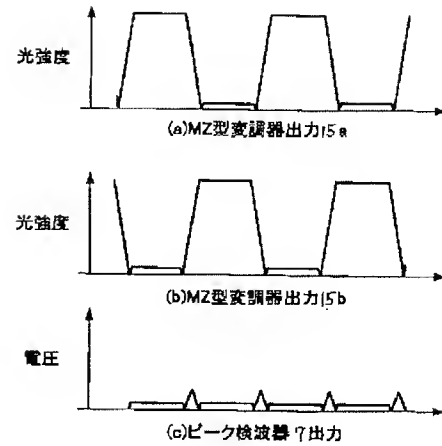
【図4】



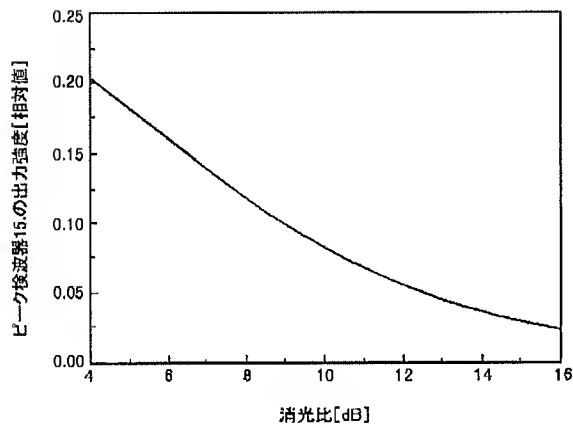
【図2】



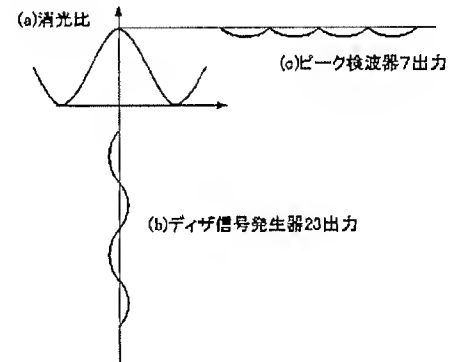
【図5】



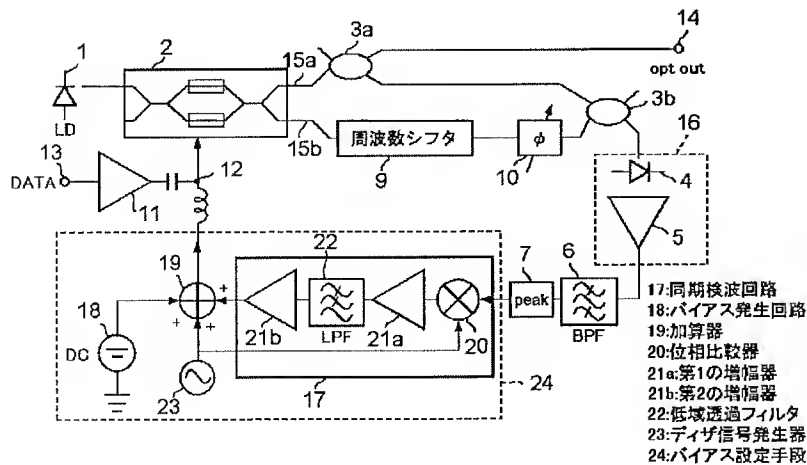
【図6】



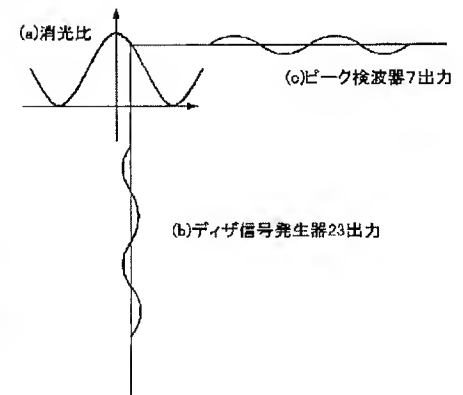
【図8】



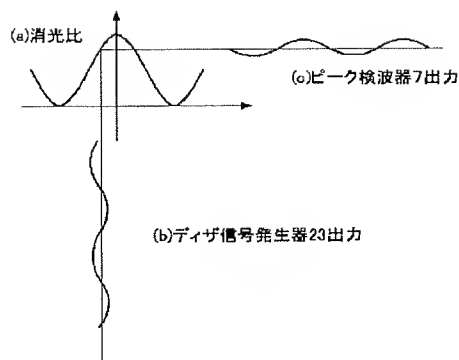
【図7】



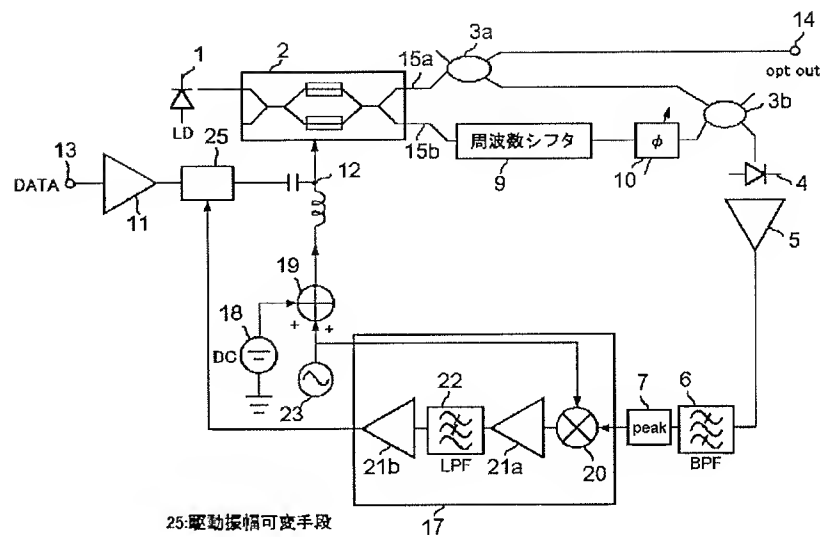
【図9】



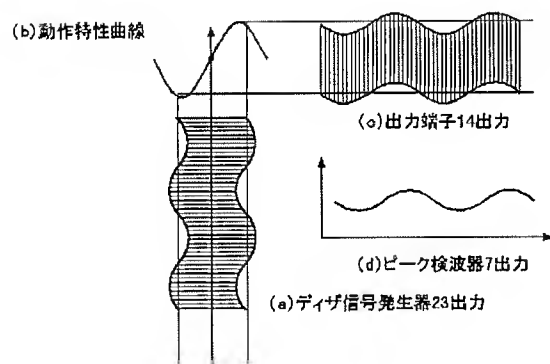
【図10】



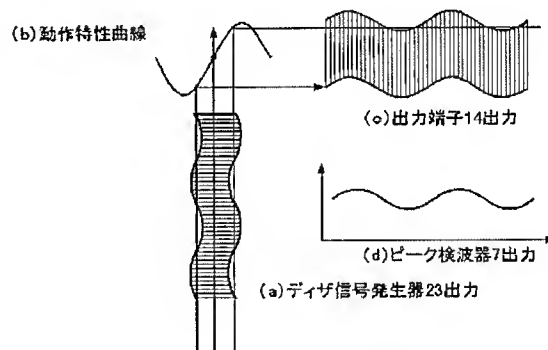
【図11】



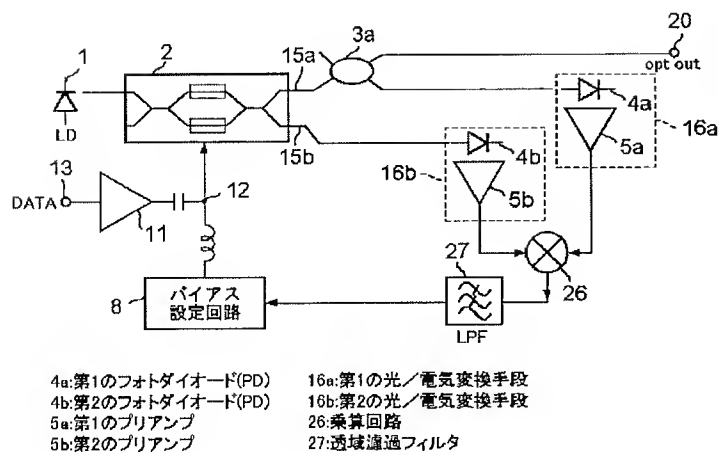
【図13】



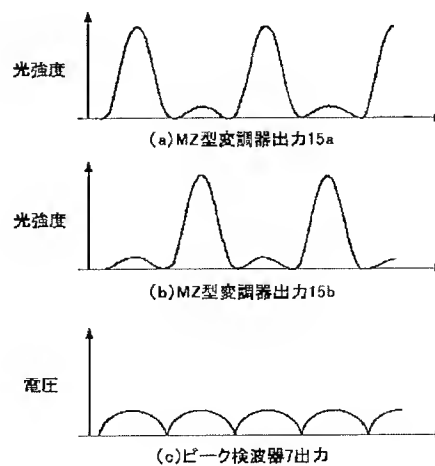
【図14】



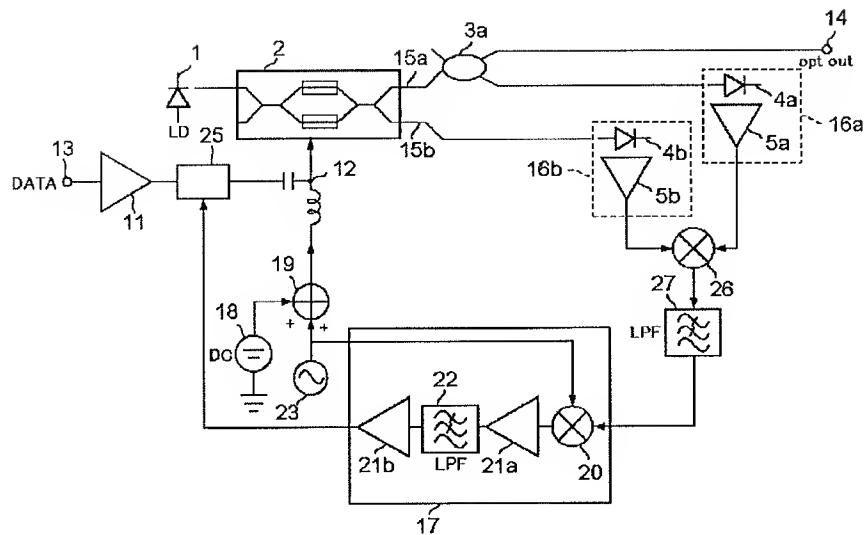
【図15】



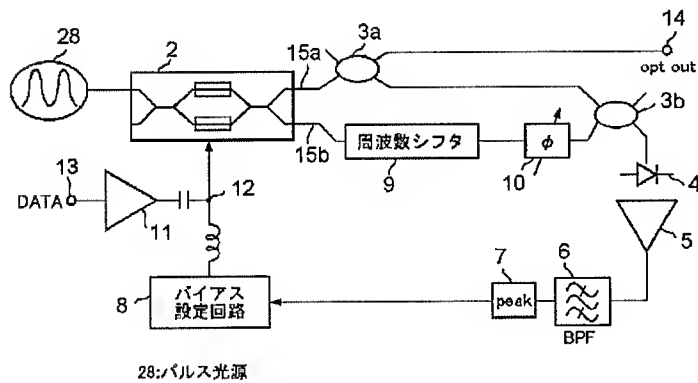
【図18】



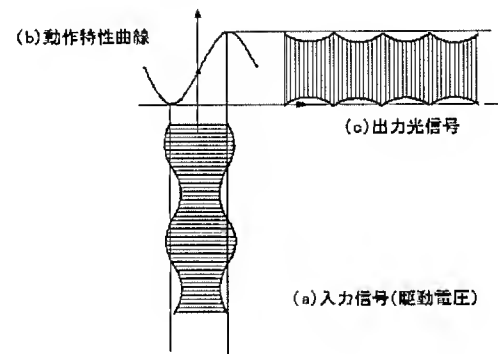
【図16】



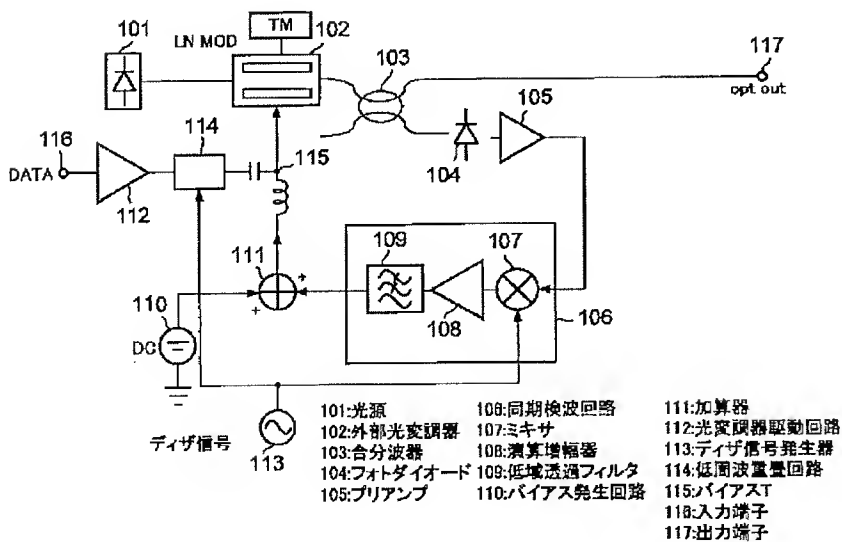
【図17】



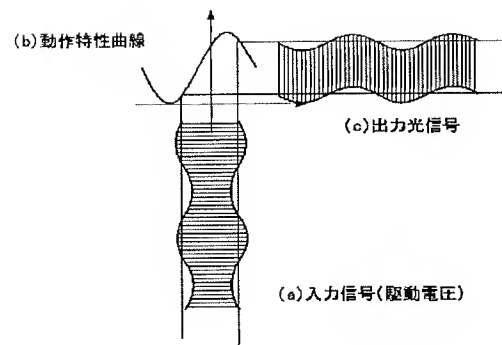
【図20】



【図19】



【図 2 1】



【図 2 2】

